

## SCANNING PROJECTION ALIGNER

Publication number: JP10326737 (A)

Publication date: 1998-12-08

Inventor(s): KODA TORU

Applicant(s): CANON KK

Classification:

- international: G03F7/20; H01L21/027; G03F7/20; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/027; G03F7/20

- European: G03F7/20T16

Application number: JP19970149897 19970526

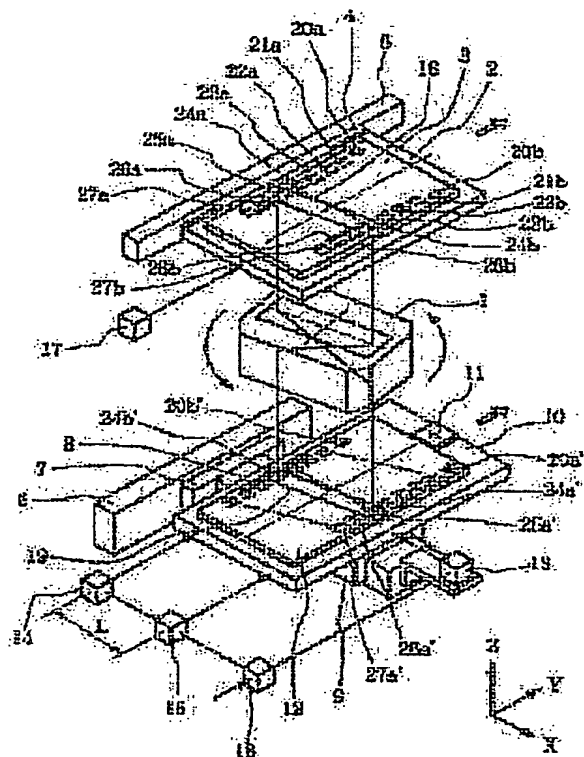
Priority number(s): JP19970149897 19970526

Also published as:

JP3530716 (B2)

### Abstract of JP 10326737 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make it possible to correct the distortion of perpendicularity failure which requires time taking management, without using a standard mask and plate. **SOLUTION:** The pattern image for transferring is exposed on the photosensitive substrate wider region than the illuminated region on a mask by exposing beam in this aligner, and the imaging characteristic of a projection optical system 1 shows its good imaging region distributed on an inverted image by only one axis represented by a mirror image and on a slit form having a constant width transverse plane.; On the stage of photo sensitive substrate which holds the photo sensitive substrate 12, at least one positioning mark 11 is provided on an approximately jugate plane and, during the scanning exposure, the perpendicularity of the exposed image is corrected by the position of the photo sensitive substrate stage or the mask based on the variation of jugate transferring of the positioning mark 1, when the photo sensitive substrate stage is moved in parallel to the longitudinal direction of the illuminated region by exposing beam.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-326737

(43) 公開日 平成10年(1998)12月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 8

G 0 3 F 7/20

G 0 3 F 7/20

5 2 1

5 2 1

H 0 1 L 21/30

5 2 3

5 2 5 X

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平9-149897

(22) 出願日

平成9年(1997)5月26日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 香田 徹

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ

ン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 伊東 哲也 (外2名)

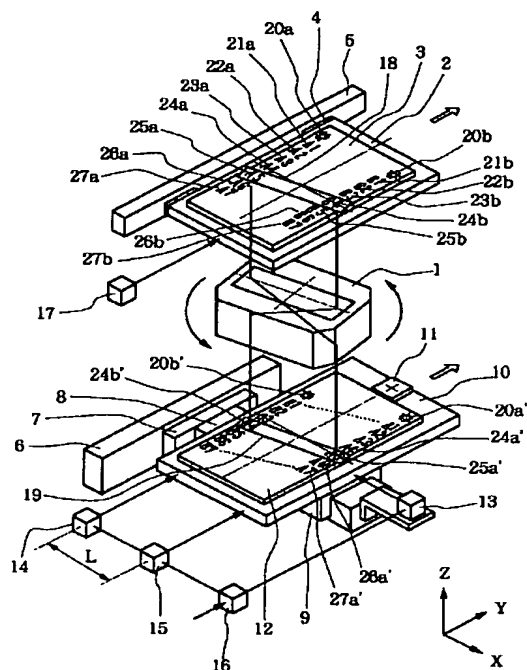
(54) 【発明の名称】 走査投影露光装置

(57) 【要約】

(修正有)

【課題】 管理のための手間がかかっていた直交度不良ディストーションを基準マスク&プレートを使用せずに補正を可能にする。

【解決手段】 マスク上の露光光による照明領域よりも広い領域の転写用パターンの像を感光基板上に露光する走査投影露光装置において、投影光学系の結像特性が、鏡像で代表される1軸のみの反転像で横断面が一定の幅を持つスリット形状にその結像良像域が分布していると共に、感光基板を保持する感光基板ステージ上には、マスクと光学的にほぼ共軛な平面上に少なくとも一つの位置合わせ用マークを設け、感光基板ステージを露光光の照明領域の長手方向と平行に動かし、時のマスク平面上での位置合わせマークの共軛像の移動量の変化に基づいて、走査露光時に感光基板ステージまたはマスク位置を補正して焼き付け像の直交度補正を行なう。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 横断面が一定の幅を持つスリット形状の露光光により、転写用パターンが形成されたマスクを均一な照度で照明する照明光学系と、前記マスクの転写用パターンの像を感光基板上に投影する投影光学系とを有し、前記露光光による照明領域の長手方向に対して直角または一定の角度を持った方向に相対的に前記マスクと前記感光基板を前記投影光学系の投影倍率に比例する速度で同期して走査することにより、前記マスク上の前記露光光による照明領域よりも広い領域の転写用パターンの像を前記感光基板上に露光する走査投影露光装置において、

前記投影光学系の結像特性が、鏡像で代表される1軸のみの反転像で横断面が一定の幅を持つスリット形状にその結像良像域が分布していると共に、前記感光基板を保持する感光基板ステージ上には、前記マスクと光学的にはほぼ共軛な平面上に少なくとも一つの位置合わせ用マークを持ち、感光基板ステージを前記露光光の照明領域の長手方向と平行に動かした時のマスク平面上での前記位置合わせマークの共軛像の移動量の変化に基づいて、走査露光時に感光基板ステージまたはマスク位置を補正して焼き付け像の直交度補正を行なうことを特徴とする走査投影露光装置。

【請求項2】 前記位置合わせ用マークを前記露光光の照明領域の長手方向と平行に動かした時のマスク平面上での共軛像の移動量変化を計測するための基準マークをマスクの転写用パターンと同時にマスク上に作成しておき、マスクと感光基板の位置合わせ用システムを流用して移動量変化を検知することを特徴とする請求項1記載の走査投影露光装置。

【請求項3】 前記位置合わせ用マークを前記露光光の照明領域の長手方向と平行に動かした時のマスク平面上での共軛像の移動量変化を計測するための基準を有効露光領域外に設けることを特徴とする請求項1または2記載の走査投影露光装置。

【請求項4】 前記スリット形状は円弧状のものである請求項1～3のいずれかに記載の走査投影露光装置。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかに記載の走査投影露光装置を用いて製造したことを特徴とする半導体デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主として半導体集積回路または液晶表示素子等を、フォトリソグラフィ工程で製造する際に利用される走査投影露光装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体素子および液晶表示素子等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際には、マスクまたはレチクル（以下、マスクと総称する）の転写用パ

ーンを投影光学系を介してフォトリソ等々の感光性物質が塗布されたウエハまたは透光性基板（以下、感光基板という）に露光転写する投影露光装置が使用されているが、近年、素子1ケのパターンサイズは増加の一途をたどっている。

【0003】露光転写によるパターンサイズを大きくするためには、小さな露光領域をいくつか繋ぎ合わせて大きい露光領域を得る方法と、露光領域そのものを大きくして大きなマスクを使用する方法がある。しかし前者においては小さな露光領域を繋ぎ合わせる際の線状の繋ぎ目での合わせ誤差は、一括で露光したパターンでの重ね合わせ誤差より一般的に大きくなってしまったり、特に液晶表示素子では特性上の不連続点が繋ぎ目で線状に並んでしまうことから、繋ぎ目が見えてしまう、等の理由により、素子1ケのパターンは一括で露光を行ないたい、という要求が強くなってきている。よって投影露光装置においては、マスク上のより大きな面積のパターンを感光基板上に転写露光する技術が求められる傾向がある。

【0004】かかる大面積化の要求に応えるため、横断面が一定の幅を持つ直線または円弧状スリット形状の照明領域（以下、スリット状露光領域という）に対してマスクおよび感光基板を投影系倍率に比例する速度で同期して走査することにより、スリット状露光領域よりも広い領域の転写用パターンの像を前記感光基板上に露光する、いわゆる走査露光方式の投影露光装置の開発が行なわれている。この方式での利点は、投影光学系を変更しなくても、走査方向のガイドさえ長くして行けば、原理的には無限に露光面積の拡大が図れる点にある。このような走査投影露光装置においても、従来の投影露光装置に要求されていた高いレベルの重ね合わせ精度が要求されることは言うまでもない。

【0005】一般に半導体素子および液晶表示素子の回路構造は単層ではなく、初回のリソグラフィ工程で形成されるパターンを基準として各層毎に異なるマスクを用いて高い寸法精度で重ね焼きしていく必要がある。このため、最低2点の位置合わせマークを感光基板上に形成し、装置ごとに設けられた基準点からのずれ量を計測することにより、感光基板を位置合わせし、露光を行なっている。

【0006】しかしながら、マスク上のより大きな面積のパターンを感光基板上に露光する技術が求められる現在では、結像位置の微妙なずれや感光基板の熱膨張、熱収縮等により、2点で位置合わせを行なっても、その他の点ではずれが発生してしまう、という現象が知られており、この現象が起こることを、ディストーションが発生している、と表現する。従来、このディストーションが発生して重ね合わせ精度が劣化することはフォトリソグラフィ工程では公知の事実であるため、第一層のディストーションに対してその後の第N層露光時ディストー

ションを揃えるために様々な技術が考案されている。

【0007】但し、注意を要するのは、半導体素子や液晶表示素子を製作する上では同種のディストーション補正機能を持つ露光装置を使用するのみではなく、露光工程以外の後工程が存在することである。このため、単に第一層に対して各層のパターンを重ねて行けば良いと言うわけではない。例えば、露光により転写された第一層目のパターンが理想格子に対してディストーションを持ち、その後のフォトリソグラフィ工程で第一層目のパターンに対して理想的にディストーション補正が成功し、全層にわたり理想格子に対して同一のディストーションを持って工程が進行した場合、後工程で具体的にはボンディングが不能となったり、別工程で作成された液晶カラーフィルターを重ねた場合に開口率が低くなったりという不具合点が発生してくる。すなわち、感光基板上に基準となるパターンが何も形成されていない状態で第一層目の露光を行なう際にもディストーションの制御が重要である。

【0008】このため、製品素子の露光に先立って、経年変化の少ない石英ガラスやセラミック等を材質とした基準マスク&プレートと称せられるベア精度の出たマスクと基板（基準プレート）を用意し、基板上に感光物質を塗布した上で装置にセットし、露光、現像を行ない、発生しているディストーションから装置オフセットを入力した上で第一層の露光を行なう、といった調整工程を定期的に入れる必要があった。

【0009】しかし、標準的な感光基板の板厚が1mm以下であるのに対して上記基準マスク&プレートと称せられるセットでは、経年変化の発生を抑えたり、また、ベア精度を出す必要性から、基準プレートは標準的な感光基板と比べて大幅に厚く、重い。このため、感光基板を自動搬送不能であったり、感光物質の塗布、現像も特殊な装置が必要である等、第一層のディストーションを管理するのは実際には大変な労力と時間を要していた。

【0010】基準マスク&プレートを装置にセットした後、露光せずに装置の内部に設けられた観察顕微鏡で位置ずれの計測を行なうことで何とか露光時のディストーションを推定しようという技術が検討されてもいるが、実際に装置上でこれを行なうためには上記と同様、基準プレートを自動搬送することが不能であったり、製品ラインを一旦停止した上で調整工程に移行する必要があること、基準マスク&プレート自体の管理が煩雑であること等の問題は残り、良い対策が待たれていた。

【0011】鏡像のように一軸のみが反転するような結像特性を持つ投影光学系を持つ走査投影露光装置では投影光学系の中の1部品が微量回転したり、投影光学系全体が何らかの原因により回転ずれを起こしたりすると、転写された露光像の直交度が劣化するようなディストーションが発生する。

【0012】これを直交度不良ディストーション（以

降、像直交度不良）と呼ぶ。この像直交度不良は走査投影露光装置、特に一軸反転の投影光学系を持つ露光装置では発生しやすく、第一層目のディストーションを管理するのは主として像直交度不良を管理しているような状況であることが多かった。

【0013】以下、像直交度不良の発生のしくみを説明する。図7(a)は結像特性が、鏡像で代表される1軸のみの反転像で横断面が一定の幅を持つ、直線または円弧状スリット形状にその結像良像域が分布しているような投影光学系の一例を示す。

【0014】この例における投影光学系31は凸面鏡32、凹面鏡33、および互いに直交する2平面を持つ台形鏡34で構成されており、マスク36の転写用パターンを感光基板37に露光することが可能である。この投影光学系31においては結像良像域が、図7(b)に示すように、マスク面および感光基板上で各々円弧状35となる。円弧中心線38上での結像特性が最も良好であり、この円弧中心線38の前後を一定の幅を持って照明することにより感光基板37上に円弧状にマスク像が転写される。

【0015】走査露光装置では、この静止像の露光を連続で繰り返すことによりマスク全面の転写用パターンの像を感光基板上に転写して行くことになる。

【0016】また、この例における投影光学系31は走査方向に像の反転は無く、走査直交方向で像が反転するため、図8に示す36のような転写用パターンを露光した場合その感光基板上の転写像は37の通りとなる。

【0017】上記のような投影光学系を用いて図9の39のようなマスクで露光を行なう。結像良像域が円弧状であることは以降の説明を複雑にするだけであるためここでは結像良像域18は直線状に分布しているものとする。

【0018】この時マスクにはA1～A5で示す点と、B1～B5で示す点があると仮定する。正常な場合感光基板上に露光される像は40の通りであるが、投影光学系31の回転等の理由により、結像良像域18が図10の通り反時計方向に $\theta/2$ だけ回転したと考える。

【0019】すると、マスク上での結像良像域18の左右の点41a、41bは感光基板上で41a'、41b'の通り転写され、露光される点の左右位置関係は図9での露光位置関係に対して $\theta$ だけ回転したようになる。この状態で走査露光を行なった場合、走査露光方向は回転しないため感光基板上への転写像は43の通り平行四辺形状に歪んだ像となる。以上の通りの発生機構により、転写像の像直交度不良が発生してしまう。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】本発明の第1の目的は、従来、管理のための手間がかかっていた直交度不良ディストーションを基準マスク&プレートを使用せずに補正が可能であるような走査投影露光装置を提供するこ

10

20

30

40

50

とである。また、本発明の第2の目的は、新たな観察用光学系を設けることなく像直交度不良の補正が可能であるような走査投影露光装置を提供することである。さらに、本発明の第3の目的は、実素子の露光領域を削ることなく像直交度不良の補正が可能であるような走査投影露光装置を提供することである。

【0021】

【課題を解決するための手段および作用】上記第1の目的を達成するため、本発明の第1の局面では、横断面が一定の幅を持つ直線または円弧状スリット形状の露光光により転写用パターンが形成されたマスクを均一な照度で照明する照明光学系と、前記マスクの転写用パターンの像を感光基板上に投影する投影光学系とを有し、前記露光光による照明領域の長手方向に対して直角または一定の角度を持った方向に、相対的に前記マスクおよび感光基板を前記投影系倍率に比例する速度で同期して走査することにより、前記マスク上の前記露光光による照明領域よりも広い領域の転写用パターンの像を前記感光基板上に露光する走査投影露光装置において、前記投影光学系の結像特性が、鏡像で代表される1軸のみの反転像で横断面が一定の幅を持つ直線または円弧状スリット形状にその結像良像域が分布していると共に、前記感光基板を保持する感光基板ステージ上には、前記マスクと光学的にはほぼ共軛な平面上に少なくとも一つの位置合わせ用マークを持ち、感光基板ステージを前記露光光の照明領域の長手方向と平行に動かした時のマスク平面上での前記位置合わせマークの共軛像の移動量の変化に基づいて、走査露光時に感光基板ステージまたはマスク位置を補正して焼付け像の直交度補正を行なうことを特徴とする。なお、本発明において、「マスク」とはマスクおよびレチクルの双方を含む概念として用いるものとする。

【0022】上記構成において、感光基板ステージ上に設けられた位置決めマークは、感光基板ステージが前記露光光の照明領域の長手方向と平行に動くとき、投影光学系の結像良像域の長手方向に平行に移動し、その結果マスク面上での共軛像が投影光学系の結像良像域の長手方向に平行に移動する。したがって、走査露光時、前記共軛像の結像良像域長手方向への移動量の変化に基づいて感光基板ステージまたはマスクを走査露光方向に対して直交する方向に移動することにより、焼付け像の直交度補正を行なうことができる。

【0023】上記第2の目的を達成するため、本発明の第2の局面では、前記位置合わせ用マークを前記露光光の照明領域の長手方向と平行に動かした時のマスク平面上での共軛像の移動量変化を計測するための基準をマスクの転写用パターンと同時にマスク上に作成しておき、マスクと感光基板の位置合わせ用システムを流用して移動量変化を検知することを中心とする。このように、前記位置合わせ用マークを前記露光光の照明領域の長手方向と平行に動かした時のマスク平面上での共軛像の移動

量変化を計測するための基準をマスク上の転写用パターンと同一の位置精度で設けておくことにより、装置上に基準を設けることなく前記移動量変化を計測可能であると同時に、通常の半導体または液晶露光装置に必ず搭載されているマスクと感光基板の位置合わせ用システムを流用可能にしておくことにより、新たな観察用光学系を設けることなく像直交度不良の補正が可能である。

【0024】上記第3の目的を達成するため、本発明の第3の局面では、前記位置合わせ用マークを前記露光光の照明領域の長手方向と平行に動かした時のマスク平面上での共軛像の移動量変化を計測するための基準を有効露光領域外に設けることを特徴とする。上記構成において、有効露光領域外に設けられた基準マークは露光を行なう際にその実素子パターン領域を制限することがない。すなわち、実素子の露光領域を削ることなく像直交度不良の補正が可能である。

【0025】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

【0026】(第1の実施例)図1は、本発明の第1の実施例に係る走査投影露光装置において投影露光系の結像最良位置が回転した場合に発生するマスクの転写像の直交度劣化の発生機構を説明すると同時に補正用の位置決めマークを具体的にどのような位置に配置するか例示する図である。この実施例では、マスクおよび感光基板は各々独立に走査を行なえるよう、案内を独立に設け、その位置は干渉計等の位置測定系でモニタしながら露光を行なう構成の走査露光装置が示されている。

【0027】この図の中では投影光学系は1で示す箱で示されているが、正規位置に対してXY面内での回転方向に取付誤差を持って取り付けられている。2はマスクを投影光学系1に対して支持するマスクステージであり、3は露光転写に用いられるマスク、4はマスクステージ2とマスクステージの直線駆動ガイドであるマスクステージ走査ガイド5との間を接続するマスクステージ直線軸受け、6は感光基板ステージ側直線案内用ガイド(感光基板ステージY案内用ガイド)、7はガイド6に案内されて直線状に移動するYスライダ、8はYスライダ7に取り付けられた感光基板ステージのX方向移動時の直線案内用ガイド(感光基板ステージX案内用ガイド)、9は感光基板側Xスライダ、10はXスライダ上に回転上下方向移動可能なように取付けられた感光基板ホルダであり、その側面は鏡面加工されている。11は感光基板ホルダ上に取り付けられた感光基板側位置決めマーク、12は感光基板、13は感光基板ホルダのX方向移動量をXガイド上から計測するX位置レーザ干渉計、14、15は感光基板ホルダのY方向移動量を外部から計測するY位置レーザ干渉計であり、ここでは感光基板ホルダ10のZ軸を法線とする面内での回転中心のX座標に対して左右対称な位置にその間隔をLにて配置され

た2本の干渉計14と15で計測を行なうことにより、 $\theta$ 位置とY位置の両方を測定する。16はレーザを分配するビームスプリッタ、17はマスクステージのY方向移動量を計測するマスク側Y位置レーザ干渉計、18は投影光学系1のマスク上での結像良像域であり、19は投影光学系1の感光基板上での結像良像域である。20a、20bはマスクに設けられた位置決めマーク、21a～28a、21b～28bはマスク上の転写用パターンをその位置関係を直感的に分かり易くするために番地化して表したものである。また、24a'、24b'、25a'は図示状態において投影光学系1により感光基板12上に転写されるマスク像を示したものである。感光基板上のパターンは図示状態にて走査露光が実行された場合に、マスク上の番地化された転写用パターンが相対的にどの位置に転写されるかを示している。

【0028】次に、未露光等の理由にてパターンが設けられていない感光基板を露光する、すなわち第一層目の露光を行なう前に、走査露光像の直交度変化を検知する方法を説明する。

【0029】マスクステージ2は直線案内ガイド5および軸受け4によりその上に真空吸着されるマスク3を投影光学系1に対して水平に移動可能なように支持されており、その位置をレーザ干渉計17により計測されている。レーザ干渉計17の計測結果に基づいて不図示のリニアモータへの通電電流を制御し、その位置はクローズドフィードバックされている。

【0030】感光基板ステージはそのX位置をレーザ干渉計13により計測され、Y位置および $\theta$ 位置はレーザ干渉計14、15にて計測値をPYL、PYRとした場合、本実施例の配置ではその測定位置間隔がLであるから

【0031】

【数1】

$$Y位置 = (PYL + PYR) / 2 \quad (1)$$

$$\theta位置 = (PYL - PYR) / L \quad (2)$$

で示すことが出来る。感光基板ステージのX、Y、 $\theta$ 位置は不図示のリニアモータへの通電電流を制御し、マスクステージのY位置同様クローズドフィードバックされている。この状態にて、通常はマスクステージ2をその走査方向Yに一定速度Vで走査するのに同期して、感光基板ステージを同一の走査方向Yに一定速度V/ $\beta$  ( $\beta$ は投影光学系1の縮小倍率)で走査することが可能であるよう、制御系が組まれている。

【0032】マスクステージ2上にマスク3を搬入後、マスクステージ上に設けられた不図示の基準位置に対してマスクは光学的に位置合わせされる。この時の位置合わせ精度は工程上問題となる像直交度不良の量と比較して無視できる程度の精度が必要である。

【0033】感光基板ホルダ10上には感光基板12が搬入され、真空吸着されると、マスクステージ2および

感光基板ステージは投影光学系1の下へ送り込まれ、不図示の焦点位置センサによりZ方向の高さおよび傾きを計測され、焦点合わせが実行される。

【0034】図1のように投影光学系1の結像良像域が回転した状態にて不図示の位置合わせ用顕微鏡にて24a、24bのパターンを観察していたとする。ここで言う位置合わせ顕微鏡は感光基板12のマスク平面上での共軛像とマスク1に設けられた位置合わせ用パターンを同時に観察することにより、マスクパターンと感光基板上パターンの光学的相対位置を合わせることが可能であるように、投影光学系1の結像良像域を観察可能に設けられた位置合わせ用顕微鏡のことである。

【0035】この時、第一層目の露光を行なうならば本来感光基板上にパターンは無いはずであるが、この状態で走査露光を行なえば、感光基板上の転写パターンは図1の通り直交度不良が発生した状態で露光されるのは上述した通りである。

【0036】位置合わせ用顕微鏡にて24a、24bのパターンを観察した場合、図1において双方を同時に結像良像域に持ってくることは不可能であるため、感光基板上での共軛位置の像はマスク面上では焦点がぼけたような状態で観察されることとなるが、これは図1における投影光学系の回転量が説明上、拡大されて描かれているためであり、実際の投影光学系の回転量は微小なものであることを考えればマスク面上X方向に並んだ24a、24bのパターンを観察した場合に双方の位置に対応する感光基板の共軛像はマスク面上でも良像として扱えることを断っておく。

【0037】24a、24bのパターンに対応する感光基板上の対応位置は24a'、24b'となり、この位置は装置に固定されたX軸と平行ではない。このため、感光基板ホルダの $\theta$ 位置サーボを固定位置で行なったままXスライダ9をXのマイナス方向に振ってY位置を動かさない場合にマスク面上の24bの位置にそれまで重なっていた感光基板上の24b'の像に替わって重なり合うのは24a'の像ではなく、26a'の像である。

【0038】なお、上記現象は投影光学系による結像良像域が回転していない場合には原則として発生しないと考えてよい。すなわち、この場合、感光基板ホルダの $\theta$ 位置サーボを固定位置で行なったままXスライダ9をXのマイナス方向に振った時、マスク面上の24bの位置にそれまで重なっていた感光基板上の24b'の像に替わって重なり合うのは24a'の像である。

【0039】ここでマスクステージ位置を図1の状態からYのマイナス方向に移動させ、位置合わせ用顕微鏡にて20a、20bのパターンを観察可能な位置に持ってくる。さらに感光基板ステージ位置を前述の同期走査位置関係を崩し、さらにYのマイナス方向へ移動させると共にXのマイナス方向に移動させ、感光基板ホルダ10に取り付けられた感光基板側位置決めマーク11のマス

10

20

30

40

50

ク面上での光学的共軛像が20bに重なるようにする。  
【0040】次に感光基板ステージをXの+方向へ移動すると、前述の説明と同様に感光基板側位置決めマーク11は20aに正確に重なりあうことはなく、Y方向にずれを生ずる。

【0041】図2は、図1に示すような位置決めパターンをマスクおよび感光基板ホルダに設けた場合に位置決め用顕微鏡にてマスクを観察した際、マスク上にマスクパターンと感光基板ホルダに設けた位置決めマークのマスク上共軛像が重なって観察される。その状態を模式的に表わした図である。すなわち、感光基板側位置決めマーク11をX方向に振った場合に発生する位置ずれを模式的に表わしたものである。図中VSは位置合わせ用顕微鏡のX方向位置間隔である。

【0042】ここで図10をみると、感光基板側位置決めマーク11をX方向に振った場合に発生するY位置ずれの量は投影光学系の結像良像域の回転量の2倍で且つこの量が走査露光時の転写像の直交度不良の量に関係していることが判る。

【0043】転写像に上述の理由により像直交度不良が発生しているとする。今、漢字の日の字のようなパターンがマスク上に描かれた転写用パターンである場合、その感光基板上での像は図3の左側に示す通りの像となるため、これを補正するためには同期して走査露光を行なう際に、図3中の $\theta$ に対応する量だけ、X方向に感光基板ステージ位置を補正すれば良い。その結果感光基板上に露光される像は図3の右側の図の通り補正されることは明らかである。

【0044】この場合、感光基板上に転写されるパターンは感光基板外形に対し回転してしまうが、一般に感光基板外形に対する第一層目の転写像の位置精度は、像直交度不良ディストーション変化量による転写像の位置ずれと比較して数十倍から数百倍甘い精度でも実工程上問題となることはない。すなわち補正による転写パターンの感光基板外形に対する回転は無視できる。

【0045】以上により、感光基板側位置決めマーク11をX方向に振った場合に発生するY位置ずれの変化量から感光基板上に露光される像の直交度変化の量を自動算出してやれば直交度不良が発生したことを検知可能であり、自動補正が実現する。

【0046】図1に示すような装置構成を採って感光基板ステージのY位置をクローズドループで制御している場合、感光基板ステージのX方向の走りはXガイド8により決定されるのではなく、感光基板ホルダ10の端面に設けられたY位置計測用参照鏡の向きにより決定される。この向きが感光基板ステージのX座標軸の方向を決定することになる。

【0047】図4にて感光基板ホルダ10がXガイド8に対して $\alpha$ だけ回転し、その結果Y位置計測用参照鏡10'も回転しているとする。この状態でYスライダ7を

Yガイド6に対して移動不能に固定し、感光基板ホルダをX軸に平行に移動させる。Y方向レーザ干渉計15'は簡単のため1ケで図示してある。この時、Y方向レーザ干渉計15'の計測値は角度 $\alpha$ に対応してX位置の一次関数的に変化する。

【0048】通常サーボを行なっている場合、静止状態を保持するよう制御するということは、計測値を一定になるよう制御対象を駆動することであるから、Yスライダ7をYガイド6に対して移動可能な状態でX位置を変化させた場合、XY位置をクローズドフィールドバックで制御すれば、Yスライダ7はYガイド6に対して動いていることになる。この場合、問題となるのは感光基板ホルダ10の回転角度 $\alpha$ が装置上の固定基準に対して一定になっていない場合、図1の感光基板側位置決めマーク11をX方向に振った場合に発生するY位置ずれの変化量自体がばらついてしまうということである。

【0049】この対策として本出願人は特願平9-19602号のような方法を案出済みであるが、感光基板ホルダの $\theta$ 原点位置を厳密に位置合わせするセンサを設けたり、または若干構成を変更して、位置計測用参照鏡10'の固定方法をXスライダ9に対して固定するような構造としても可である。但し、この後者の構成を採った場合はY方向走査ガイド7の曲がりにより発生する $\theta$ をレーザ干渉計の精度で補正することが不可能となる。

【0050】以下、感光基板側位置決めマーク11をX方向に振った場合に発生するY位置ずれの変化量から感光基板上に露光される像の直交度変化の量を自動算出する方法について述べる。図5は感光基板側位置決めマーク11の一実施形態のマスク面上共軛像とこれに対応するマスク側位置基準マークを模式的に示したものである。図中、マスク側位置基準マークは黒く塗りつぶされた部分であり、このマークに対して中央に示した感光基板側位置決めマーク11のマスク面上共軛像が左右に移動して重なり合った状態で図示されている。

【0051】感光基板ホルダの $\theta$ 原点位置を厳密に位置合わせした状態にて感光基板側位置決めマーク11を左右に一定量振り、図5に示す通り重なったとする。この時、左右のマスク側基準マークに対する位置ずれ量は、観察顕微鏡上に設けられてその像を読みとる2次元撮像素子のXY方向への信号の重ね合わせにより、測定が可能であることが一般に知られており、その量は、

【0052】

【数2】

$$\text{右Xずれ: } RX = RXL - RXR \quad (3)$$

$$\text{右Yずれ: } RY = RYD - RYU \quad (4)$$

$$\text{左Xずれ: } LX = LXL - LXR \quad (5)$$

$$\text{左Yずれ: } LY = LYD - LYU \quad (6)$$

で表わすことが可能である。

【0053】この時、

【0054】

【数3】

$$\theta = (RY - LY) / VS \quad (7)$$

$$MX = (LX - RX) / VS \quad (8)$$

と置く。なお、VSは左右の位置合わせ用観察顕微鏡のX方向位置間隔である。すると、(8)式におけるMXが前回の測定結果と異なった場合に考えられるのはマスクが熱膨張等により伸び縮みしたということであり、公知の様々なディストーション補正機能により同期走査方向に直交する方向にディストーションを補正すれば良いし、マスクの伸縮が一樣であると仮定するならば同期走査方向にも、補正を行ないながら露光を行なえば良いのは明らかである。しかし本実施例では転写像の直交度不良を補正する方法を開示することが目的であるためMX値の変化に対してはこれ以上触れないことにする。

【0055】(7)式にて算出された $\theta$ が前回の測定結果と異なる場合には、投影光学系の結像良像域が回転しているということが考えられ、像直交度不良が発生していることが考えられる。

【0056】図3の説明で行なった、像直交度不良の補正駆動自体は通常シーケンスの中に盛り込んでも、感光基板ステージがXに移動した場合のY差に影響しないことは明らかなので、予め前述の基準マスク&プレートにて像直交度不良を補正する量を求め、装置オフセットとして入力しておく。

【0057】この状態にて感光基板側位置決めマーク11を左右に一定量振り、(7)式における $\theta$ を算出し、装置内部のメモリに入力しておく。この時に発生する $\theta$ は感光基板ステージのXY直交度や感光基板ホルダの回転位置原点を何に対して行なうか等の理由による、実駆動上の感光基板ステージのXY座標軸直交度不良を原因に発生してしまう、いわば初期状態での $\theta$ であり、これが0でなくても再現性さえあれば本実施例の $\theta$ 補正にはなんら影響が無い。

【0058】以降は、露光動作の直前に毎回でも、一枚の感光基板ごとでも、製品を流す上での1ロットごとでも、任意のタイミングにて(7)式における $\theta$ を算出し、その変化量を $\Delta\theta$ として算出する。

【0059】同期走査露光時に感光基板ステージがY方向に走査するが、この時、感光基板ステージのY方向位置をPYとし、前回の露光走査時に対して

【0060】

【数4】

$$\delta X = PY \cdot \Delta\theta \quad (9)$$

だけX方向に余分に補正を行なえば簡単に像直交度の補正が可能である。

【0061】また、同期走査露光を行なう際には、一定速度での露光のため、露光速度迄加速を行ない、さらに露光加速時の振動が収まるまで実露光領域以外の領域を一定速度で走査しなければならない。つまり、有効露光

領域外部まで感光基板ステージとマスクステージは移動が可能でなければならず、この領域にマスク側の位置決めマークを配置することにより実露光領域を狭くすることなく補正が可能である。

【0062】(第2の実施例)図10に本発明の第2の実施例としての構成を模式的に表わした図面を示す。この図面の図1との違いは図1におけるX方向位置計測用レーザ干渉干渉計13が、Xガイド8に取付けられておらず、感光基板ステージ外部についていることである。

この構成をとる場合、X位置計測用参照鏡の長さが走査露光距離に応じて必要なため、長い参照鏡が必要となり、本構成では感光基板ステージのY方向長さを増大させねばならない。しかし図1の構成と比較した場合、効果的な大きな違いは、感光基板ホルダを(7)式における $\theta$ の変化量 $\Delta\theta$ だけ回転させることで補正駆動の実現が可能であることである。感光基板ホルダを $\Delta\theta$ だけ回転させることにより、図4でのX駆動時のY方向が制御上自動で補正されるのと同様に、Y方向に同期走査露光を行なう際、X位置は $\Delta\theta$ に対応する分だけY位置の一次関数的に移動し、補正が可能である。

【0063】(第3の実施例)第1および第2の実施例においてはマスクステージおよび感光基板ステージは各々独立に駆動可能な装置構成としたが、マスクステージと感光基板ステージをキャリッジと呼ばれる一体構造としても可能である。この際は感光基板ホルダをキャリッジ上でXYに位置合わせを行なうための駆動機構が必要なのは言うまでもないが、感光基板ステージ上の位置決めマークがマスク上の左右の位置決めマークと光学的に重なるよう、感光基板ホルダをキャリッジ上でXY方向に動かすストロークを決めてやれば良い。この場合の補正は感光基板ステージを同期走査露光する際X方向に移動しても良いし、特に左右反転上下非反転の投影光学系の場合はキャリッジを一体でX方向に補正しても良い。

【0064】(第4の実施例)以上の実施例ではマスク上に設けられた位置決め用パターンは2ケであるとし、その2ケの基準に対して感光基板ステージ上の位置決めマークの共軛像のY差を求めて $\theta$ を算出していたが、マスク上の位置決めパターンは3ケ以上の複数個であっても構わない。この場合は各々の基準パターンに対する感光基板ステージ上の位置決めマークの共軛像のY差に対し最小自乗法や単純平均等の数学的手法を用いて $\theta$ を算出すればよい。

【0065】(第5の実施例)以上の実施例では投影光学系の例としてミラーによる結像光学系を説明しているが、投影光学系がレンズにより構成されている、いわゆるレンズスキャン露光装置や、レンズとミラーにより投影光学系が構成されている装置でも同様に成立することは言うまでもない。

【0066】(デバイス生産方法の実施例)次に上記説明した走査投影露光装置を利用したデバイスの生産方法



の実施例を説明する。図11は微小デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ1（回路設計）ではデバイスのパターン設計を行なう。ステップ2（マスク製作）では設計したパターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコンやガラス等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0067】図12は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明したアライメント装置を有する露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返すことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0068】本実施例の生産方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度のデバイスを低コストに製造することができる。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の第1の局面によれば、横断面が一定の幅を持つ直線または円弧状スリット形状の露光光により、転写用パターンが形成されたマスクを均一な照度で照明する照明光学系と、前記マスクの転写用パターンの像を感光基板上に投影する投影光学系を有し、前記露光光による照明領域の長手方向に対して直角または一定の角度を持った方向に、相対的に前記マスクおよび感光基板を前記投影系倍率に比例する速度で同期して走査することにより、前記マスク上の前記露光光による照明領域よりも広い領域の転写用パターンの像を前記感光基板上に露光する走査投影露光装置において、前記投影光学系の結像特性が、鏡像で代表さ

れる1軸のみの反転像で横断面が一定の幅を持つ直線または円弧状スリット形状にその結像良像域が分布していると共に、前記感光基板を保持する感光基板ステージ上には、前記マスクと光学的にはほぼ共軛な平面上に少なくとも一つの位置合わせ用マークを持ち、感光基板ステージを前記露光光の照明領域の長手方向と平行に動かした時のマスク平面上での前記位置合わせマークの共軛像の移動量の変化に基づいて、走査露光時に感光基板ステージまたはマスクを走査露光方向に対して直交する方向に移動して焼付け像の直交度補正を行なうことにより、従来管理のための手間がかかっていた直交度不良ディストーションを基準マスク&プレートを使用せずに補正が可能である。

【0070】また、本発明の第2の局面によれば、前記位置合わせ用マークを前記露光光の照明領域の長手方向と平行に動かした時のマスク平面上での共軛像の移動量変化を計測するための基準をマスク上の転写用パターンと同一の位置精度で設けておくことにより、装置上に基準を設けることなく前記移動量変化を計測可能であると同時に、マスクと感光基板の位置合わせ用システムを流用可能にしておくことにより、新たな観察用光学系を設けることなく像直交度不良の補正が可能である。

【0071】さらに、本発明の第3の局面によれば、前記位置合わせ用マークを前記露光光の照明領域の長手方向と平行に動かした時のマスク平面上での共軛像の移動量変化を計測するための基準を、有効露光領域外に設けることにより、実素子の露光領域を削ること無く像直交度不良の補正が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例に係る走査投影露光装置の構成を示す図である。

【図2】 図1に示すような位置決めパターンをマスクおよび感光基板ホルダに設けて位置決め顕微鏡にてマスクを観察した場合の状態を模式的に表わした図である。

【図3】 感光基板上の転写像が直交度不良を発生する場合、感光基板を走査露光中にX方向に移動することにより像直交度不良が解消されることを表わす図である。

【図4】 レーザ干渉計にて感光基板ステージの位置をクロズドフィードバックする場合にステージの走りが参照鏡の原点位置のばらつきにより変化することを説明する図である。

【図5】 図2の模式図に対してより詳細に説明を行なうために具体的な位置決めパターンとしてどのようなものが採用可能であるかを示し、説明するための図である。

【図6】 本発明に係る第2の実施例を説明するための図である。

【図7】 従来例であり、本発明の適用対象の一例でもある投影光学系の構成を示す図である。

【図8】 図7で示す投影光学系を用いて走査露光を行った場合にマスクパターンがどのように感光基板上に転写されるかを具体的に説明する図である。

【図9】 投影光学系の結像良像域が相対的に回転していない場合に感光基板上に露光されるマスク上の点を番地化して示した図である。

【図10】 投影光学系の結像良像域が相対的に回転した場合に感光基板上に露光されるマスク上の点を番地化して示した図である。

【図11】 微小デバイスの製造の流れを示す図である。

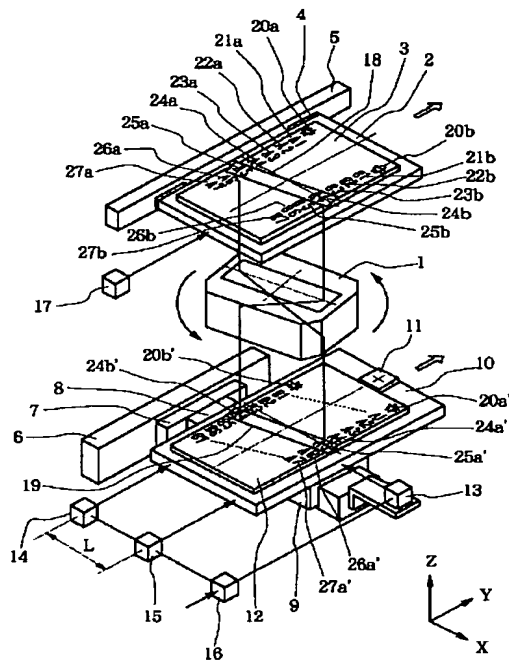
【図12】 図11におけるウェハプロセスの詳細な流\*

れを示す図である。

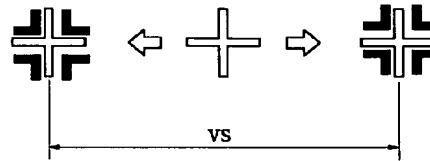
【符号の説明】

1：投影露光光学系、2：マスクステージ、3：マスク、4：マスクステージ直線軸受け、5：マスクステージ走査ガイド、6：感光基板ステージY案内用ガイド、7：Yスライダ、8：感光基板ステージX案内用ガイド、9：感光基板側Xスライダ、10：感光基板ホルダ、11：感光基板側位置決めマーク、12：感光基板、13：X位置レーザ干渉計、14、15：Y位置レーザ干渉計、16：ビームスプリッタ、17：マスク側Y位置レーザ干渉計、18、19：結像良像域。

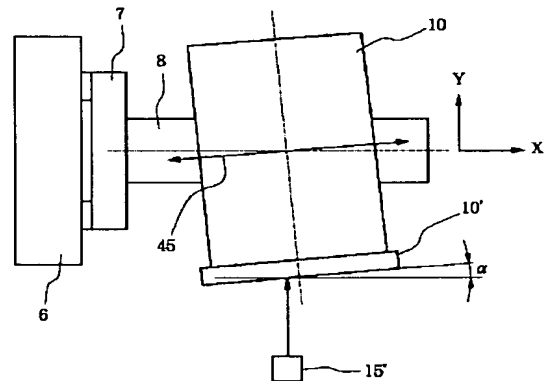
【図1】



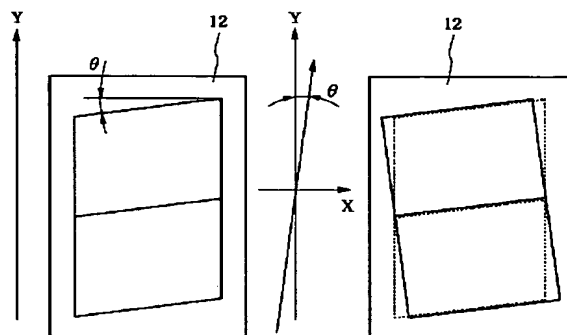
【図2】



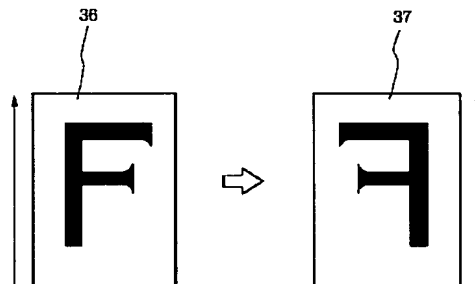
【図4】



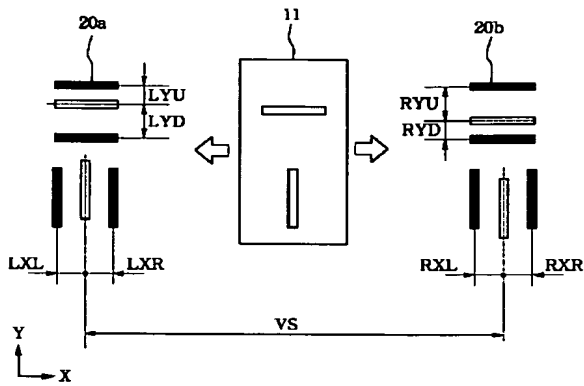
【図3】



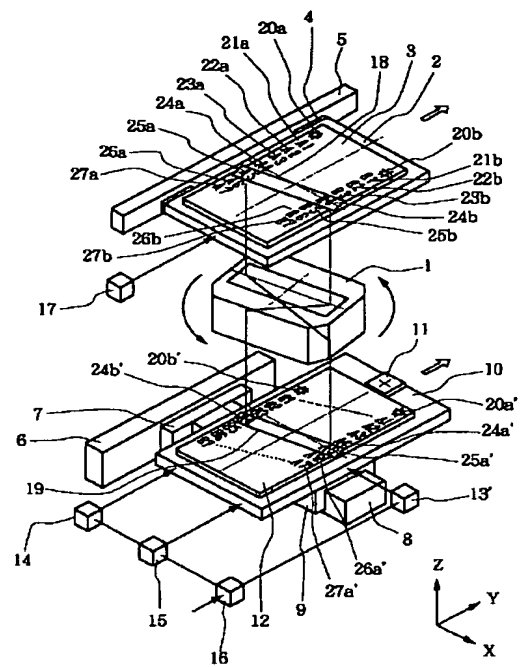
【図8】



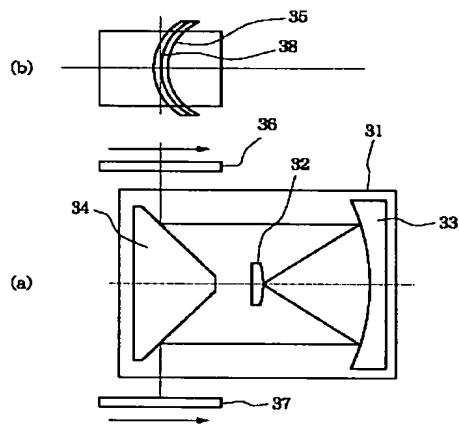
【図5】



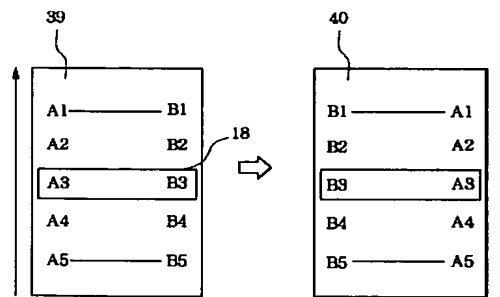
【図6】



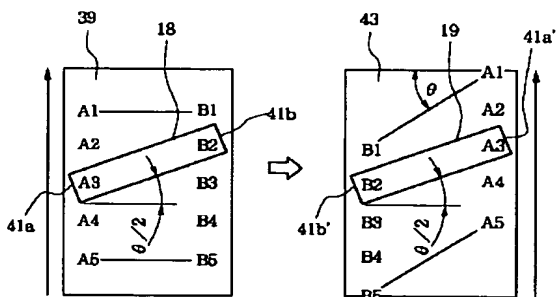
【図7】



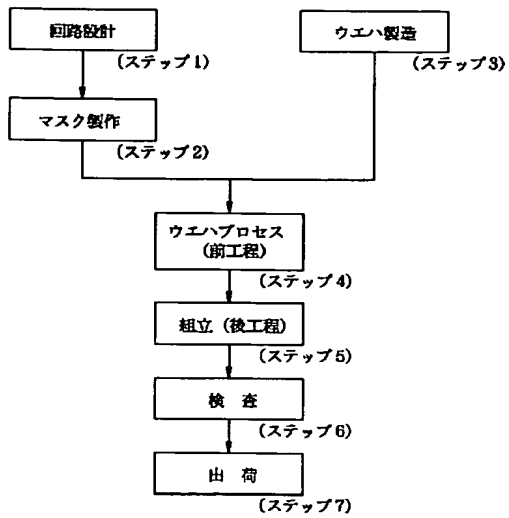
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

